



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE GRADO

TÍTULO: Diseño y prototipado de un soporte giroscópico para cámara deportiva.

AUTOR: Marinas Garcia, David

TITULACIÓN: Grau en Enginyeria Mecànica

DIRECTOR: Aliau Pons, Joan Jose

DEPARTAMENTO: Expressió Gràfica a l'Enginyeria

FECHA: 13/07/2016

TÍTULO:

Diseño y prototipado de un soporte giroscópico para cámara deportiva.

APELLIDOS: Marinas Garcia

NOMBRE: David

TITULACIÓN: Grau en Enginyeria Mecànica

PLAN: Bolonia

DIRECTOR: Aliau Pons, Joan Jose

DEPARTAMENTO: Expressió Gràfica a l'Enginyeria

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT E

SECRETARIO

VOCAL

DATA DE LECTURA : 13/07/2016

Este proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: ☐ Sí ☒ No

TRABAJO FINAL DE GRADO

RESUMEN (máximo 50 líneas)

En el proyecto final de grado se ha llevado a cabo el diseño de un soporte giroscópico para cámara deportiva.

Para ello se ha realizado un estudio de mercado con el fin de mejorar los soportes ya existentes. Con el resultado de este estudio, se ha diseñado y fabricado un prototipo. Este ha sido fabricado con el método de impresión 3D, con el cual se han realizado varias pruebas donde se han podido observar problemáticas en el diseño.

Estos datos han servido para llevar a cabo un rediseño de las piezas y una configuración optima del sistema electrónico de control. Este diseño se optimizado para ser fabricado según el método de moldeo por inyección.

Una vez finalizado el diseño, se ha comprobado con cálculos y simulaciones mediante el software Siemens NX según el método de elementos finitos.

Para concluir se han hecho los presupuesto para llevar a cabo el proyecto, en los cuales se encuentran la fabricación del prototipo y la realización del proyecto. Se desestiman los costes relacionados con la fabricación del producto final y su salida al mercado, ya que esto lo lleva a cabo el cliente.

Palabras clave (máximo 10):

- Diseño
- Soporte giroscópico
- Cámara deportiva
- Motocicleta
- Prototipo
- Simulación
- Impresión 3D

FINAL GRADE PROJECT

ABSTRACT (50 lines maximum)

In the final degree project it has been carried out the design of a gyroscopic support for sports camera.

It has made a market study in order to improve existing supports. With the result of this study, it has designed and constructed a prototype. This has been made with 3D printing method, with which there have been several tests where problems have been observed in the design.

These data have been used to carry out a redesign of parts and an optimal configuration of the electronic control system. This design is optimized to be manufactured by the injection moulding method.

Once the design has been verified with calculations and simulations using Siemens NX software according to the finite element method.

To conclude budget have been made to carry out the project, which include the manufacture of the prototype and the project. Costs related to the manufacturing of the final product are despised.

Keywords (10 maximum):

- Design
- Gyroscopic Support
- Sports Camera
- Motorcycle
- Prototype
- Simulation
- 3D Printing

Índice General

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 | MOTIVACIÓN Y ORIGEN DEL PRODUCTO | 12 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 13 |
| 3 | MEMORIA DESCRIPTIVA | 14 |
| 3.1 | SOPORTE GIROSCÓPICO | 14 |
| 3.2 | ANTECEDENTES | 14 |
| 4 | DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SOPORTE GIROSCÓPICO | 17 |
| 4.1 | ESTUDIO DE MERCADO | 17 |
| 4.1.1 | <i>Conclusiones del análisis de forma y función</i> | <i>22</i> |
| 4.2 | PRIMERA PROPUESTA | 23 |
| 4.2.1 | <i>Conclusiones de la primera propuesta</i> | <i>23</i> |
| 4.3 | SEGUNDA PROPUESTA..... | 24 |
| 4.3.1 | <i>Conclusiones de la segunda propuesta</i> | <i>25</i> |
| 5 | PROTOTIPO | 26 |
| 5.1.1 | <i>Componentes</i> | <i>27</i> |
| 5.1.2 | <i>Componentes electrónicos</i> | <i>30</i> |
| 5.1.3 | <i>Fabricación del prototipo</i> | <i>33</i> |
| 5.1.4 | <i>Configuración placa de control.....</i> | <i>36</i> |
| 5.1.5 | <i>Prueba prototipo</i> | <i>38</i> |
| 6 | DISEÑO FINAL | 41 |
| 6.1 | DISEÑO FORMAL | 41 |
| 6.2 | ELEMENTOS NORMALIZADOS | 44 |
| 6.3 | MATERIALES | 45 |
| 6.4 | FUNCIONAMIENTO | 46 |
| 7 | CÁLCULOS..... | 47 |
| 7.1 | INTRODUCCIÓN | 47 |
| 7.2 | CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO | 48 |
| 7.3 | CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO FINAL | 53 |
| 8 | PRESUPUESTO | 58 |
| 8.1 | PRESUPUESTO REALIZACIÓN PROYECTO | 58 |
| 8.2 | PRESUPUESTO FABRICACIÓN PROTOTIPO..... | 59 |

| | | |
|-----------|------------------------------------|-----------|
| 9 | PLIEGO DE CONDICIONES | 60 |
| 10 | CONCLUSIONES FINALES..... | 61 |
| 10.1 | CONCLUSIONES DEL PROYECTO..... | 61 |
| 10.2 | CONCLUSIONES PERSONALES | 61 |
| 10.3 | POSIBLES MEJORAS | 62 |
| 11 | BIBLIOGRAFÍA..... | 63 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Fig.1 Steadicam | 14 |
| Fig.2 Movi M10 | 14 |
| Fig.3 DJI Phantom..... | 15 |
| Fig.4 FY G3 | 15 |
| Fig.5 Rider-M..... | 16 |
| Fig.6 1ª propuesta | 23 |
| Fig.7 Camara Moto GP..... | 24 |
| Fig.8 2ª propuesta | 24 |
| Fig.9 Cuerpo principal prototipo | 27 |
| Fig.10 Soporte prototipo | 28 |
| Fig.11 Tapa batería | 29 |
| Fig.12 Tapa inferior | 30 |
| Fig.13 Placa de control..... | 32 |
| Fig.14 Motor RCTIMER | 32 |
| Fig.15 Conexión clip | 33 |
| Fig.16 Tapa electronica 3D | 34 |
| Fig.17 Tapa batería 3D..... | 35 |
| Fig.18 Soporte cámara 3D | 35 |
| Fig.19 Cuerpo principal 3D..... | 36 |
| Fig.20 Programa BaseCam electronics..... | 37 |
| Fig.21 Fijación ventosa..... | 38 |
| Fig.22 Prueba prototipo 1 | 39 |
| Fig.23 Prueba prototipo 2 | 39 |
| Fig.24 Prueba prototipo 3 | 40 |
| Fig.25 Render soporte giroscópico..... | 41 |
| Fig.26 Cuerpo principal | 42 |
| Fig.27 Frontal | 42 |
| Fig.28 Junta NBR | 42 |
| Fig.29 Tapa batería | 43 |
| Fig.30 Conexión T | 43 |
| Fig.31 Soporte..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Fig.32 Giro a derechas | 46 |
| Fig.33 Giro a izquierdas | 46 |
| Fig.34 Tensión de VM en la tapa inferior | 49 |
| Fig.35 Desplazamiento de la tapa inferior | 49 |
| Fig.36 Tensión de VM en el soporte..... | 50 |
| Fig.37 Desplazamiento del soporte | 51 |
| Fig.38 Tensión de VM resultado del peso | 52 |
| Fig.39 Desplazamiento ocasionado por el peso | 52 |
| Fig.40 Tensión de VM en la union en forma de T..... | 53 |
| Fig.41 Desplazamiento en la union en forma de T | 54 |
| Fig.42 Tensión de VM en el soporte..... | 55 |
| Fig.43 Desplazamiento en el soporte | 55 |
| Fig.44 Tensión de VM en el soporte de la cámara | 56 |
| Fig.45 Desplazamiento del soporte de la cámara | 57 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ficha Micro Gimbal..... | 18 |
| Tabla 2. Ficha Motogyrovision..... | 19 |
| Ficha 3. WenPod X1..... | 20 |
| Tabla 4. Ficha WG Lite..... | 21 |
| Tabla 5. Características ABS | 45 |
| Tabla 7. Presupuesto de realización proyecto..... | 58 |
| Tabla 8. Presupuesto de fabricación prototipo | 59 |

1 Introducción

Debido a que en el mercado actual los productos relacionados con accesorios para estabilización de cámaras en motocicletas no están al alcance del consumidor medio que nos encontramos actualmente en nuestro país, el cual se encuentra inmerso en un estado de crisis económica que repercute en este tipo de productos.

A partir de esta situación que observo y analizo surge la idea de diseñar y fabricar un prototipo de soporte giroscópico con un diseño y componentes que permitan un bajo coste de fabricación.

Al analizar el mercado de este tipo de productos, en el cual no existe una gran variedad de estos dispositivos, los cuales son de precios elevados y centrados en una marca específica de cámara deportiva (GoPro®).

Este proyecto tiene dos características que lo diferencia del resto. Por un lado, la más importante es la resistencia al agua, ya que ninguno de los soportes disponibles en el mercado es resistentes a esta. Por otro lado, el hecho de utilizar usa conexiones universales facilita la utilización del soporte con diferentes tipos de cámaras deportivas.

1.1 Motivación y origen del producto

La idea de crear un soporte giroscópico para cámara deportiva nace de la afición a los deportes de motor y a la tecnología, y debido al interés por el diseño de productos que ha surgido durante el periodo de prácticas en la empresa Roca Sanitario S.L.

Por un lado se puede observar en la retransmisión de competiciones de motor variedad de planos de imagen, los más impresionantes las llamadas on boards, cámaras situadas en la propia moto donde se puede apreciar la inclinación con la que el piloto está tomando una curva. Estas imágenes son grabadas por cámaras giroscópicas que estabilizan la cámara manteniendo el horizonte, estas grabaciones permiten ver el movimiento de la moto así como el del piloto. Por otro lado tenemos las imágenes grabadas con una cámara fija, estas grabaciones dan como resultado un movimiento continuo en el plano y puede generar mareos a los usuarios que ven estos videos.

Dado que en la actualidad la gran mayoría de personas poseen una cámara deportiva y tienden a subir públicamente las grabaciones que realizan a través de diferentes plataformas. La plataforma más utilizada para compartir videos es YouTube, en esta plataforma podemos encontrar gran cantidad de videos grabados por usuarios conduciendo sus motocicletas, ya sea en circuito o en situación de circulación vial.

Estos usuarios suelen buscar la mejor calidad en sus videos y la utilización de soportes giroscópicos está incrementando con el paso del tiempo, por esta razón se decide a diseñar un soporte giroscópico.

2 Objetivos

El proyecto final de grado tiene como objetivo principal aplicar todos los conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo de los años de estudio.

Estos conocimientos se han aplicado en el diseño de un soporte giroscópico para cámara deportiva, el cual pretende diferenciarse del resto gracias a sus características.

Los objetivos específicos del Proyecto Final de Grado son los siguientes:

- Diseñar un soporte giroscópico para cámara deportiva.
- Estudiar y calcular los esfuerzos a los que será sometido el producto.
- Construir un prototipo funcional del diseño de soporte giroscópico.

3 Memoria descriptiva

3.1 Soporte giroscópico

Un soporte giroscópico es un estabilizador de imagen, existen de dos tipos mecánicos y electrónicos. Estos soportes pueden estabilizar la imagen hasta en 3 ejes, utilizando sensores de posición y motores consiguen mantener la cámara estabilizada, mejorando así la calidad de las imágenes capturadas.

3.2 Antecedentes

El primer estabilizador de cámara de la historia es el fabricado por la empresa Steadicam® que da nombre al mismo estabilizador, el Steadicam es un estabilizador mecánico utilizado en cámaras de cine o televisión, que consiste en un sistema de suspensión y brazo recto con soporte para la cámara y sistema de contrapesos. El Steadicam fue inventado en 1976 por Garrett Brown como un sistema para paliar los movimientos indeseados del operador de cámara y así suavizar y estabilizar las imágenes.



Fig.1 Steadicam

Fuente: www.oneperfectshotdb.com



Fig.2 Movi M10

Fuente: www.freeflysystems.com/movi/m10

Este prestigioso estabilizador fue usado durante muchos años hasta que la empresa FreeFly Systems® diseñó en 2013 el primer estabilizador que utilizaba un sistema estabilizador digital junto a motores sin escobillas, El estabilizador nombrado Movi M10 fue galardonado con el premio "InGear Technical Products Award" en 2013. El Movi M10 utiliza las propiedades que da la suspensión cardán

estabilizando la cámara en 3 ejes, esta estabilización da como resultado una imagen sin vibraciones producidas por el operador de cámara.

Actualmente la utilización de drones para obtener planos aéreos ha generado la reinención de estos estabilizadores pero a un tamaño muy reducido para poder ser utilizado con cámara muy ligeras como las tan conocidas GoPro®. Los drones generar grandes vibraciones y movimientos bruscos que sin un estabilizador de 3 ejes darían como resultado unas imágenes de muy baja calidad, este fue el resultado del rediseño de los estabilizadores de imágenes.

Una de las empresas más importantes del mercado de los drones ya incluye los estabilizadores de 3 ejes en sus dispositivos. DJI creadora del dron Phantom modelo más que reconocido en el sector dispone desde sus primero modelos de una cámara estabilizada con un sistema digital y motores sin escobillas.



Fig.3 DJI Phantom

Fuente: www.dji.com



Fig.4 FY G3

Fuente: www.feiyu-tech.com

El sector de las cámaras de acción también dispone de estos estabilizadores adaptados para su uso, el gran problema de estos es que elimina por completo la característica principal de las cámaras de acción su reducido tamaño. Los dispositivos estabilizadores para esta tipo de cámaras incrementan su peso y su tamaño reduciendo su posibilidad de uso en muchas de las situaciones para las que son utilizadas.

La empresa Feiyu Tech es de las primeras empresas en diseñar estabilizadores para cámaras de acción con su reconocido FY G3, el estabilizador

G3 utiliza un estabilizador digital de 3 ejes con motores sin escobillas pero todo el sistema está anclado a una barra la sirve como sujeción y portador de baterías y parte del sistema digital.

Para finalizar con la evolución de estos estabilizadores podemos observar el diseño de la empresa Zhiyun Tech que saca al mercado el primer estabilizador pensado para ser utilizado en todo tipo de situaciones ya sean ancladas al cuerpo o vehículo, el estabilizador Rider-M utiliza el mismo sistema que el anterior mencionado FY G3 pero modificando por completo el tipo de sujeción, diseñando un pequeña base que puede ser anclada a diferentes tipos de soportes universales para este tipo de cámaras.



Fig.5 Rider-M

Fuente: www.zhiyun-tech.com

El gran problema de estos estabilizadores para cámaras de acción es que no son resistentes al agua y obliga a montar la cámara sin carcasa estanca, esto limita el uso que se le puede dar a estos sistemas en este tipo de cámara sin contar también el coste económico de estos, que llega a igualar e incluso a superar el valor de la propia cámara de acción.

4 Diseño y desarrollo de un soporte giroscópico

4.1 Estudio de mercado

En este apartado se va a realizar un estudio de los productos que hay en el mercado y que serán la competencia de nuestro diseño.

El mercado de los soportes giroscópicos es bastante amplio en sistemas que estabilizan en 3 ejes pero en el mercado no hay mucha variedad de sistemas que estabilicen la cámara en 1 eje, al inicio de este proyecto solamente había soportes giroscópicos de 1 eje diseñados por pequeñas empresas, las grandes empresas centraban todos sus presupuesto en sacar al mercado estabilizadores de 3 ejes. Pero a dos meses de finalizar este proyecto dos importantes empresas sacaron al mercado dos soportes de 1 eje pensados exclusivamente en vehículos de 2 ruedas, teniendo siempre la limitación de ser diseñados para una modelo de cámara específicamente (GoPro®) y sin la posibilidad de ser utilizadas con carcasa estanca.

| | |
|---|--|
| <i>Marca y modelo:</i> Micro Gimbal | <i>Precio:</i> 195 euros |
| <i>Descripción:</i> Micro Gimbal es un estabilizador giroscópico de 1 eje diseñado específicamente para vehículos de 2 ruedas.  <i>Fuente: www.microgimbal.es</i> | |
| <i>Características principales:</i> <ul style="list-style-type: none">• Compatible con cámaras de la marca GoPro®.• Resistente al viento.• Calibrado manual.• Batería y conexión externa.• Montaje con herramienta.• Material: Plástico y aluminio.• Dimensiones (Largo x Ancho x Altura): 90x85x80 mm• Peso: 190g (batería no incluida) | |

Tabla 1. Ficha Micro Gimbal

| | |
|--|---|
| <p><i>Marca y modelo:</i></p> <p>Motogyrovision V2</p> | <p><i>Precio:</i></p> <p>180 euros</p> |
| <p><i>Descripción:</i></p> <p>Motogyrovision V2 es un estabilizador giroscópico de 1 eje con un chasis de aluminio. Mantiene la línea del horizonte durante la grabación con el uso de un controlador y un motor sin escobillas.</p> <div data-bbox="651 613 951 1003" data-label="Image"> </div> <p><i>Fuente: www.motogyrovision.com</i></p> | |
| <p><i>Características principales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compatible con cámaras de la marca GoPro®. • Resistente al viento. • Calibrado automático. • Batería y conexión internas. • Montaje fácil y rápido. • Material: Plástico y aluminio. • Dimensiones (Largo x Ancho x Altura): 63x63x72 mm • Peso: 154g (batería incluida) | |

Tabla 2. Ficha Motogyrovision

| | |
|---|--|
| <i>Marca y modelo:</i> WenPod X1 | <i>Precio:</i> 160 euros |
| <i>Descripción:</i> WenPod X1 es un estabilizador giroscópico de 1 eje muy compacto y adaptable a diferentes dispositivos ya sean cámaras deportivas o teléfonos móviles.  <i>Fuente: www.wenpod.com</i> | |
| <i>Características principales:</i> <ul style="list-style-type: none">• Compatible con cámaras tipo GoPro® y teléfonos móviles.• Resistente al viento y a todo tipo de clima.• Auto calibrado.• Sin cables externos.• Montaje rápido y fácil.• Material: Plástico• Dimensiones (Largo x Ancho x Altura): 90x55x85 mm• Peso: 215 g (batería incluida) | |

Ficha 3. WenPod X1

| | |
|--|---|
| <p><i>Marca y modelo:</i></p> <p>Feiyu Tech WG Lite</p> | <p><i>Precio:</i></p> <p>145 euros</p> |
| <p><i>Descripción:</i></p> <p>WG Lite es un estabilizador giroscópico de 1 eje más compacto del mercado con diferentes modos de estabilización e incluyendo en el precio una gran variedad de accesorios de fijación.</p> <div data-bbox="478 600 1157 1086">  </div> <p><i>Fuente:</i> www.feiyu-tech.com</p> | |
| <p><i>Características principales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compatible con cámaras de la marca GoPro®. • Resistente al viento. • Calibrado automático. • Sin cableado exterior. • Montaje fácil y sencillo. • Incluye 2 baterías y cargado. • Incluye diferentes accesorios de fijación y funda de transporte. • Material: Plástico. • Dimensiones (Largo x Ancho x Altura): 228 x 76 x 178 mm • Peso: 105g (batería incluida) | |

Tabla 4. Ficha WG Lite

4.1.1 Conclusiones del análisis de forma y función

Se observa en el estudio de mercado que los soportes que hay en el mercado están estrictamente pensados para un solo modelo de cámara y que ninguno puede ser utilizado en condiciones de lluvia. Todos los modelos buscan ser lo más reducidos posibles, olvidando por completo la estética y solo buscando la funcionalidad del soporte.

Para poder crear un producto competitivo se buscara diseñar un soporte con unas líneas similares a las de una moto, lo más aerodinámicas posibles.

En el apartado de la funcionalidad, la posibilidad de utilizar el soporte con diferentes modelos de cámaras y la utilización del soporte en posibles situaciones de lluvia son características obligatorias para crear un producto que supere las opciones que ya hay en el mercado.

4.2 Primera propuesta

Después de hacer el estudio de mercado y marcar unas características básicas se procede a diseñar el soporte.

El soporte constara de 3 partes claramente definidas, un cuerpo de ABS donde estarán todos los componentes electrónicos (placa de control, batería, motor), una tapa para el cuerpo principal del mismo material y un componente también de ABS definido en forma de L donde se anclara la cámara. Este componente dispone de la fijación universal para cámaras deportivas que hay en el mercado.

El primer diseño busca la compatibilidad de tamaños de todos los componentes dentro del cuerpo principal.

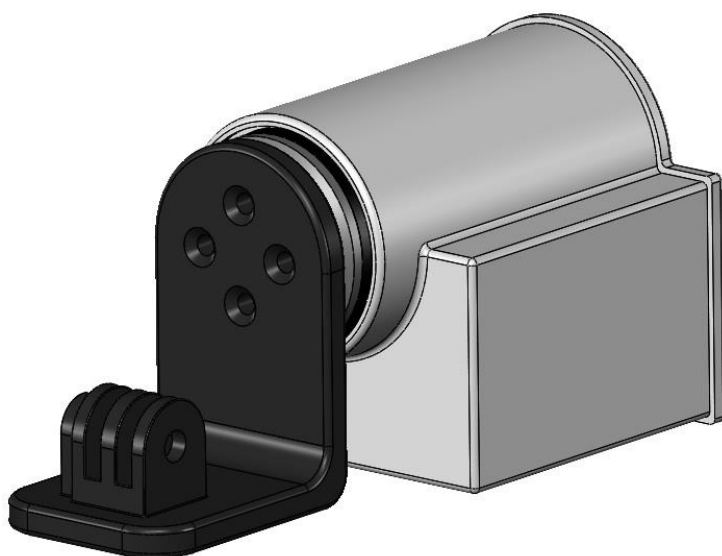


Fig.6 1ª propuesta

Fuente: propia

En la *figura 6* se puede observar las partes básicas de esta primera propuesta. El sistema de fijación de la cámara se diseña según las conexiones universales que hay en el mercado donde la cámara se fija con un sistema de tornillo mariposa y tuerca ciega.

La fijación entre el motor y el resto de componentes será con tornillería normalizada de M3.

4.2.1 Conclusiones de la primera propuesta

Una vez acabado el diseño se observa que no se cumple una de las características principales como es seguir unas líneas aerodinámicas o similares, por esta razón se decide descartar esta propuesta. También se puede observar que al retirar la tapa para poder cambiar la batería se dejaría al descubierto todos los componentes electrónicos y esto podría producir un mal funcionamiento o rotura.

4.3 Segunda propuesta

En esta segunda propuesta se toma como referencia las cámaras giroscópicas de las motos de la categoría de Moto GP, estas cámaras están situadas en el colín de las motos grabando el movimiento del piloto. Estas cámaras son de alta tecnología y económicamente inalcanzables para el usuario medio. Realmente no es un soporte sino que es una cámara giroscópica con una carcasa en fibra de carbono para reducir peso y no perjudicar el rendimiento de la moto.



Fig.7 Camara Moto GP

Fuente: www.mecanitzats-muntada.com

Utilizando las líneas exteriores de estas cámaras, adaptamos el diseño para poder ser utilizado con cámaras deportivas. En esta propuesta utilizamos el

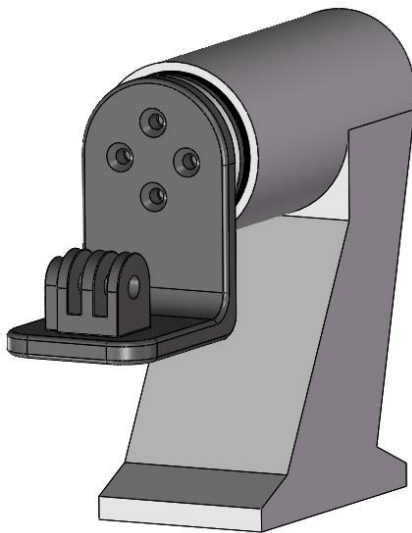


Fig.8 2ª propuesta

Fuente: propia

mismo soporte de la cámara en forma de L de la primera propuesta pero se modifica por completo el diseño del cuerpo principal donde estará incluido todo el sistema electrónico.

A la hora de fabricar este diseño el cuerpo principal tendría que dividirse en dos partes para poder ser inyectado ya que no podría ser fabricado de una sola pieza. Para poder cambiar la batería se diseña en la parte posterior del cilindro superior un orificio suficiente para el tamaño de la batería seleccionada.

4.3.1 Conclusiones de la segunda propuesta

La segunda propuesta se descarta por la complicación que generará el diseño en la impermeabilidad del sistema y las complicaciones que produciría a la hora de ser fabricado. Con esta longitud solo podría ser utilizado en la parte posterior de la moto donde no molestaría al conductor y no es lo que se busca con este producto, todo lo contrario, interesa que el soporte pueda ser anclado en cualquier parte de la moto para obtener diferentes ángulos de grabación.

5 Prototipo

Unos de los objetivos marcados al principio del proyecto era la fabricación de un prototipo funcional del soporte giroscópico, para poder fabricar el diseño se tenía que seleccionar un método de fabricación económico. La opción más viable encontrada en el mercado ha sido la impresión 3D.

Una vez seleccionado este método de fabricación se diseñan las piezas para facilitar y mejorar el resultado dado por la impresión 3D.

La impresión 3D genera diferentes tipos de resistencias a esfuerzos externos, según sea impresa la pieza puede ser frágil para el uso que se le ha de dar. Por esta razón se han creado estructuras específicas y un mayor grosor de pared a todos los componentes.

El proceso de impresión 3D va añadiendo material por capas en el sentido del eje Z. Según como sean configuradas las piezas en la impresora darán como resultado una resistencia mayor en las paredes perpendiculares a ese eje Z. El resto de paredes paralelas a este eje Z serán susceptibles a rotura.

Todas las piezas han tenido que ser redimensionadas para que una vez impresas no se generaran interferencias de montaje. Esto es debido al sistema que utiliza la impresión 3D.

Las impresoras 3D utilizan los archivos CAD como cotas nominales sin tener en cuenta el grosor del hilo del material, si el material es de un grosor de 0.5mm toda pieza que sea impresa con este tamaño de hilo tendrá un exceso de tamaño de 0.25mm.

5.1.1 Componentes

El soporte giroscópico es formado por los siguientes componentes:

- Cuerpo principal
- Soporte de la cámara
- Tapa de la batería
- Tapa inferior

El cuerpo principal se ha fabricado en una sola pieza, será utilizado como bancada para el motor por esta razón se ha generado un grosor de pared resistente, para evitar posibles roturas por las fijaciones atornilladas. El cuerpo incluye dos orificios, el primero de ellos diseñado para la adaptación de la placa de control, el segundo orificio es el espacio necesario para la sujeción de la batería.

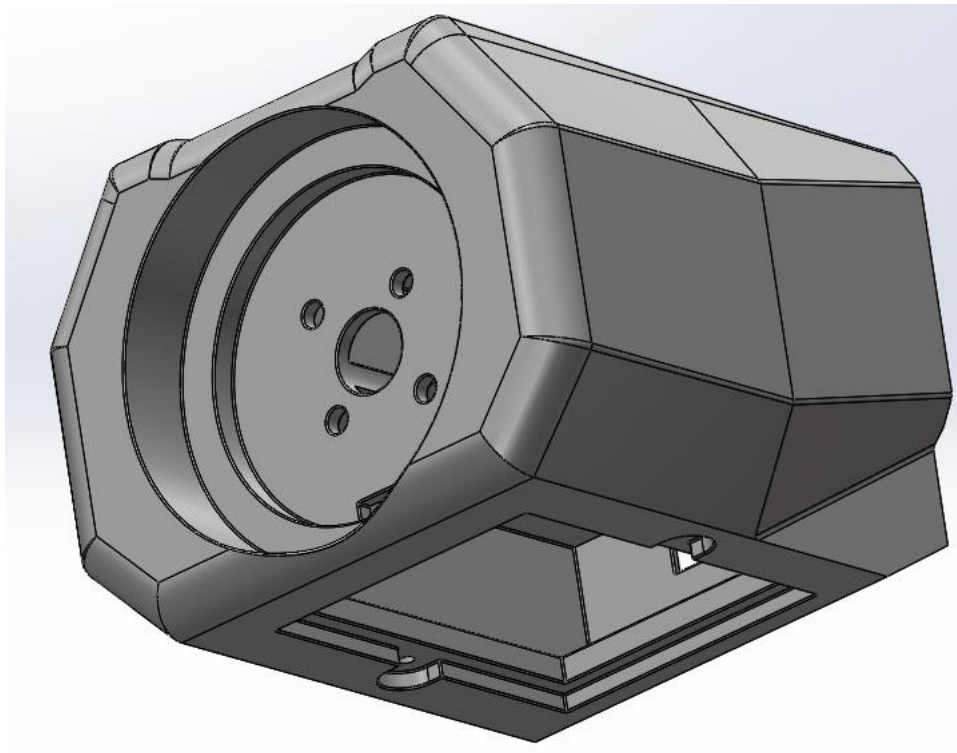


Fig.9 Cuerpo principal prototipo

Fuente: propia

El soporte principal de la cámara se ha diseñado lo más compacto posibles manteniendo el diseño de las primeras propuestas ya que este componente no puede variar la forma para adaptarse a los diferentes tipos de cámaras.

El diseño compacto busca transferir el movimiento de una forma más directa a la cámara y lo más próximo al eje del motor. Este soporte incluye el sistema universal utilizado por la gran mayoría de cámaras deportivas del mercado.

El soporte tiene un orificio en su parte inferior para sostener el sensor de posición, y se le ha incluido un canal por donde será fijado el cable de datos entre el sensor y la placa base.



Fig. 10 Soporte prototipo

Fuente: propia

La tapa de la batería no genera una gran dificultad, el diseño seleccionado da una ligereza buscada en el componente.

En el proceso de fabricación este componente se ha observado un fallo en las zonas con menos material. La máquina de impresión 3D no ha podido generar bien las superficies externas de las aletas donde se ubican los tornillos de fijación al cuerpo. A simple vista en la pieza impresa se puede observar falta de material en estas zonas, lo cual han podido provocar roturas por la presión que generaban los tornillos sobre estas.

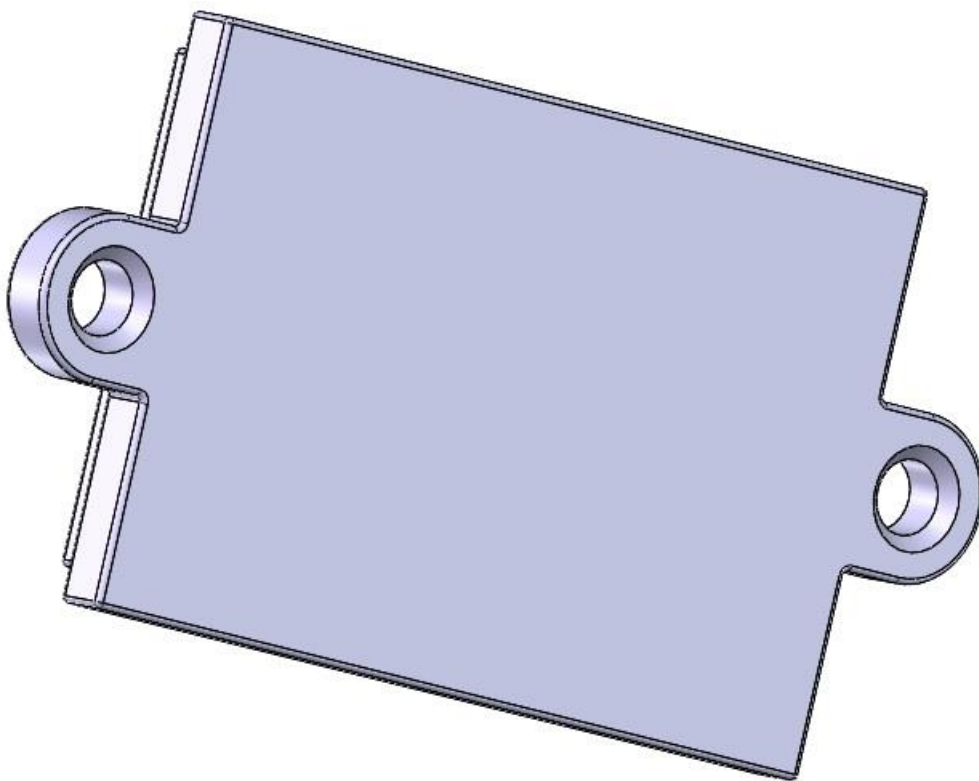


Fig.11 Tapa batería

Fuente: propia

La tapa de la electrónica se diseña para obtener un peso lo más reducido posible. Este componente sufre los mismos problemas que la tapa de la batería, las zonas que delimitan la fijación es muy débil al fallar la impresión en ese punto.

Para reducir las uniones atornilladas se ha incluido en esta tapa la fijación para poder ser unida con la motocicleta a través de accesorios universales.

Esta unión se ha reforzado incrementando el grosor de las paredes para evitar roturas por el sistema de tornillo mariposa y tuerca ciega, que contiene la mayoría de accesorios de fijación de cámaras deportivas. Estos accesorios suelen estar adheridos al carenado de las motocicletas utilizando adhesivo doble cara 3M, este tipo de material asegura la unión entre el accesorio y el carenado. Por este motivo se ha estudiado detenidamente que esta unión no se rompiese, para evitar la posible rotura del prototipo.

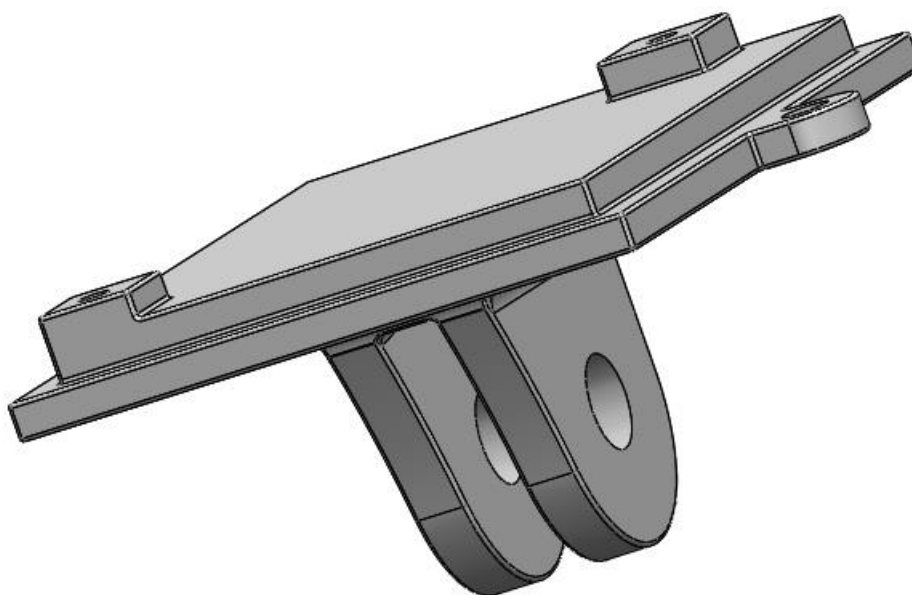


Fig.12 Tapa inferior

Fuente: propia

Se puede observar que la tapa incluye en su cara superior unos soportes para fijar la placa de control, estos soportes han sido ubicados según las distancias entre ejes de la placa de control utilizada en el prototipo.

5.1.2 Componentes electrónicos

Una de las primeras ideas para fabricar este prototipo era la utilización de una placa Arduino nano y la de programar esta placa para una buena función del prototipo.

Esta idea se tuvo que descartar porque programar la placa suponía un tiempo que no se disponía en este proyecto. Diseñar un programa que funcionara perfectamente podría suponer un proyecto a parte.

No obstante se comenzó a realizar el diseño de un programa para la placa Arduino, los únicos resultados obtenidos por esta programación fue la de recibir los datos de posición del sensor de 3 ejes. Estos resultados dieron esperanzas por continuar con la decisión de diseñar un programa, pero el tiempo decretado para entregar este proyecto dinamitó esta posibilidad por completo.

Para poder solucionar este contratiempo se hizo una búsqueda en el mercado para poder encontrar algún tipo de producto que diese los resultados esperados para el buen funcionamiento del prototipo.

En el mercado de los drones es donde se encontró la solución, una empresa tiene en el mercado el producto perfecto para hacer funcionar el prototipo de este proyecto. La empresa está centrada en componentes para drones, se suelen utilizar estabilizadores de 3 ejes en los drones, pero al haber una gran variedad de drones esta empresa produce una placa que estabiliza una cámara en 3 ejes.

Esta placa da la posibilidad de ser configurada según el tipo de motor y según la utilización que se le quiere dar. Por este motivo seleccionamos este producto como solución a la no posibilidad de diseñar un programa propio.

La placa nombrada con las siglas BGC v3.5 incluye un sensor de posición de 3 ejes MPU6050 este tipo de sensor incluye un giroscopio y da los valores de posiciones de 3 ejes.

Para configurar la placa se utiliza un programa que la propia empresa GLB, empresa que comercializa este producto, incluye en su producto.



Fig.13 Placa de control

Fuente: www.rcgroups.com

Una vez solucionado el problema de la placa de control se decide el resto de componentes del sistema.

En el apartado del motor se decide utilizar un motor sin escobillas de la marca RCTIMER exactamente el modelo GBM2804, este modelo es compatible con la placa seleccionada para el prototipo. En relación con su funcionamiento este motor tiene las características perfectas para ejercer unos movimientos suaves y precisos, por su reducido tamaño es ideal para este uso y tiene suficiente par de fuerza para mover cámaras del tipo deportivas entre (100-300 gramos).

El peso del motor (41 gramos) es ideal para no aumentar desmesuradamente el peso global del soporte giroscópico.



Fig.14 Motor RCTIMER

Fuente: www.rctimer.com

La placa de control ha de ser alimentada con un voltaje entre 9 y 12 voltios, por este motivo nos decantamos por pilas de 9V. La elección de este tipo de pilas es debida al objetivo de no incrementar el coste del prototipo y a la facilidad de encontrar este tipo de batería en el mercado.

Al seleccionar este tipo de pila se utiliza una conexión del tipo clip, de un montaje rápido y sencillo que a la hora de ser montado no ejerce ninguna sobre esfuerzo y es de reducido tamaño lo cual es perfecto para nuestro prototipo.



Fig. 15 Conexión clip

Fuente: www.diotronic.com

Se selecciona un interruptor on/off sin protección IP67 de reducido tamaño y de fácil conexión. El montaje del interruptor es por presión, tiene un diseño que facilita el montaje. En el cuerpo principal donde va instalado este interruptor se incluye un orificio según las especificaciones que marca el fabricante.

5.1.3 Fabricación del prototipo

Una vez diseñados y seleccionados los componentes que formaran el prototipo se comienza la fabricación del mismo.

Dado el alto coste de las impresoras 3D, se decide la contratación de una empresa especializada en este tipo de impresión. La empresa seleccionada es Timi Print ubicada en la población de Vilanova i la Geltrú. Dicha empresa se encargara de la fabricación de las piezas con el material previamente seleccionado ABS.

El resultado obtenido de este trabajo es excelente, las piezas no generan interferencias de montaje y encajan a la perfección.

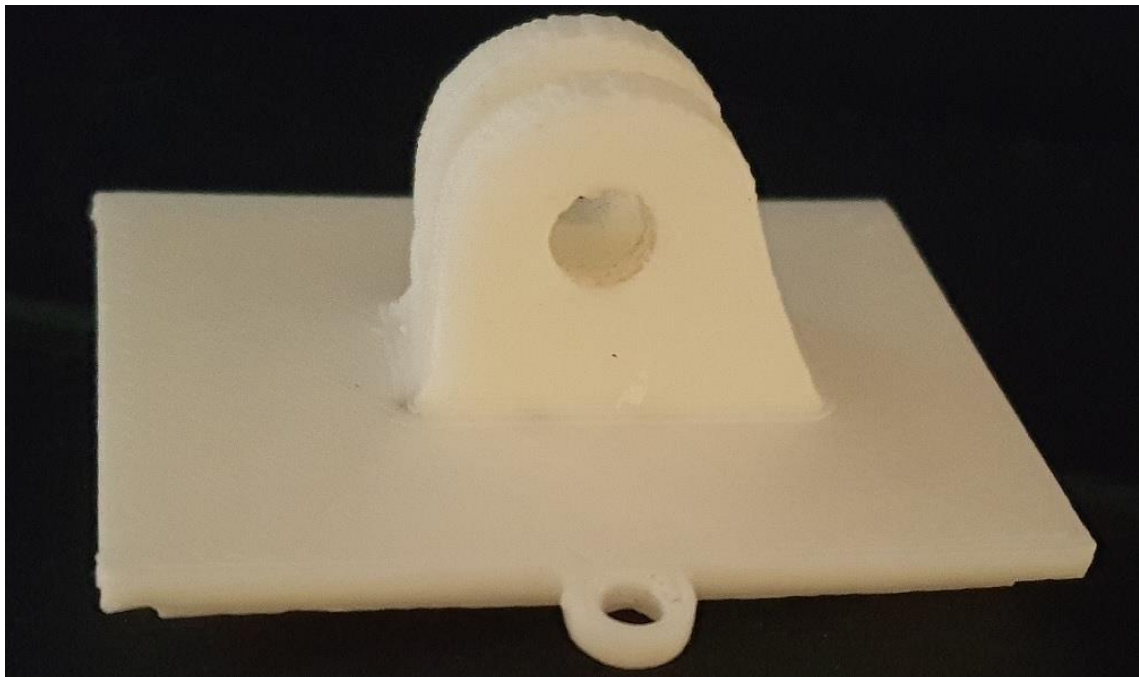


Fig.16 Tapa electronica 3D

Fuente: propia

En la *figura 16* se puede observar en el extremo del soporte las diferentes capas de material que ha ido añadiendo la impresora dando un acabado rugoso.



Fig. 17 Tapa batería 3D

Fuente: propia

En la *figura 17* se puede observar los errores que ha generado la impresora en las zonas con un grosor de pared bajo, hay dos zonas claramente visibles donde el material no ha sido añadido, dando fragilidad al componente.



Fig. 18 Soporte cámara 3D

Fuente: propia

En la *figura 18* podemos observar el buen acabado de la zona de unión donde se fijara la cámara. Esta pieza ha sido fabricada con el diseño de la primera propuesta, pero gracias al prototipo se ha podido mejorar el diseño para mejorar su función.



Fig. 19 Cuerpo principal 3D

Fuente: propia

Para finalizar en la *figura 19* se puede apreciar el resultado de la impresión del cuerpo principal.

5.1.4 Configuración placa de control

Para la configuración de la placa de control se ha utilizado el software “BaseCam electronics” proporcionado por la empresa proveedora de esta.

La placa incluye una conexión micro USB que facilita la conexión entre un PC y la placa para su configuración.

El uso de este software es básico e intuitivo siguiendo los pasos marcados por la guía que incluye dicho programa.

Este programa se utiliza para modificar los valores específico según el motor que utilices y la calibración del sensor, también puedes configurar las acciones que el programa hará una vez se encienda la placa, tales como calcular la posición del sensor una vez encendido o utilizar una posición pre configurada.

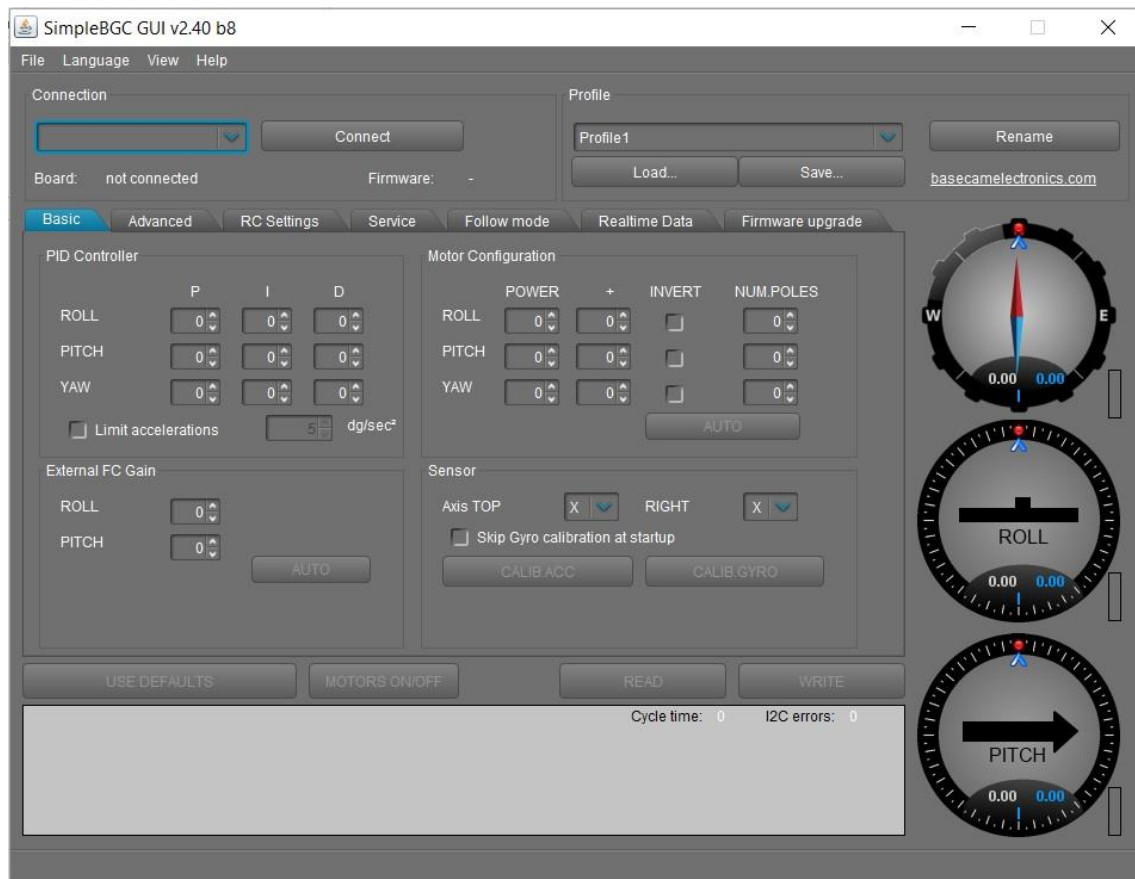


Fig.20 Programa BaseCam electronics

Fuente: propia

En la *figura 20* podemos observar la pantalla de inicio del programa de configuración, en el lado derecho de la misma se puede observar en tiempo real la configuración del sensor, su posición según los ejes de rotación.

En el apartado de configuración de motor podemos seleccionar la potencia y el sentido con el que el motor funcionara y hemos de determinar el número de polos que tiene nuestro motor. Este apartado dispone de un sistema de autoconfiguración para determinar el número de polos y si ha de funcionar en sentido invertido automáticamente.

Este programa proporciona la posibilidad de configurar la placa en muchos apartados de la misma, pero que no son necesarios en nuestro proyecto.

Durante la prueba del prototipo se ha ido variando la configuración de la potencia del motor, para intentar obtener unos resultados óptimos, ya que las primeras configuraciones daban como resultado unos movimientos no del todo deseados. El propio motor generaba malas lecturas del sensor de posición y eso producía movimientos no deseados en la cámara.

Para este prototipo se ha encontrado una configuración que se aproxima a los resultados deseados, pero seguramente puede ser mejorada con más pruebas del soporte giroscópico.

5.1.5 Prueba prototipo

El prototipo fabricado ha sido probado en varias ocasiones, gracias a la colaboración de 2 probadores que han cedido sus motocicletas para este uso.

Durante estas pruebas no se han obtenido resultados óptimos, la causa de estos malos resultados ha sido la deficiente fijación que se ha utilizado durante las pruebas.

La fijación utilizada durante estas pruebas ha sido una ventosa a presión como la detallada en la *figura 21*.

Esta fijación no era la adecuada para estas pruebas ya que no daban un resultado correcto. La razón de utilizar esa fijación era la de no producir ningún desperfecto en las motocicletas.



Fig.21 Fijación ventosa

Fuente: es.gopro.com

En las siguientes imágenes se puede observar la posición del soporte durante estas pruebas.



Fig.22 Prueba prototipo 1

Fuente: propia

Por la forma del depósito la fijación a través de la ventosa no era la adecuada y ha provocado el movimiento del soporte. Estos movimientos han provocado un mal funcionamiento en el sensor.



Fig.23 Prueba prototipo 2

Fuente: propia

Durante estas pruebas se ha comprobado la durabilidad de la batería que no se alargaría más de 30 minutos de uso. Pero durante este tipo de grabaciones no se ha probado durante 30 minutos continuados ya que constantemente había que recolocar la fijación.

Al usar unas motocicletas de gran cilindrada en las pruebas, podemos asegurar que en un gran porcentaje de motocicletas podrá ser utilizado este soporte giroscópico.



Fig.24 Prueba prototipo 3

Fuente: propia

Como conclusión se observa un error de diseño del soporte de la cámara. Este problema surge tras la estimación del centro de gravedad de la cámara. En un principio se estima que el centro de gravedad está situado en el centro de la cámara, pero en esta prueba se observa que no es así. Por esta razón la cámara rotaba y quedaba bocabajo generando un problema en la configuración del sensor.

6 Diseño final

Una vez analizados los resultados obtenidos en el estudio de mercado se modifican los componentes que han causado problemas de funcionamiento.

El diseño final del soporte se enfocara según las necesidades de la metodología de fabricación de moldeo por inyección. Dado que el prototipo ha sido fabricado en 3D, se adaptaran estos componentes para la compatibilidad del nuevo proceso de fabricación.

6.1 Diseño formal

El diseño final del soporte cumple todas las características marcadas en los objetivos de este proyecto, el soporte cuenta con varias piezas que se describirán a continuación.

El diseño del cuerpo principal estará formado por 3 elementos:

- Cuerpo contenedor del sistema eléctrico de control
- Tapa frontal del cuerpo
- Tapa de la batería

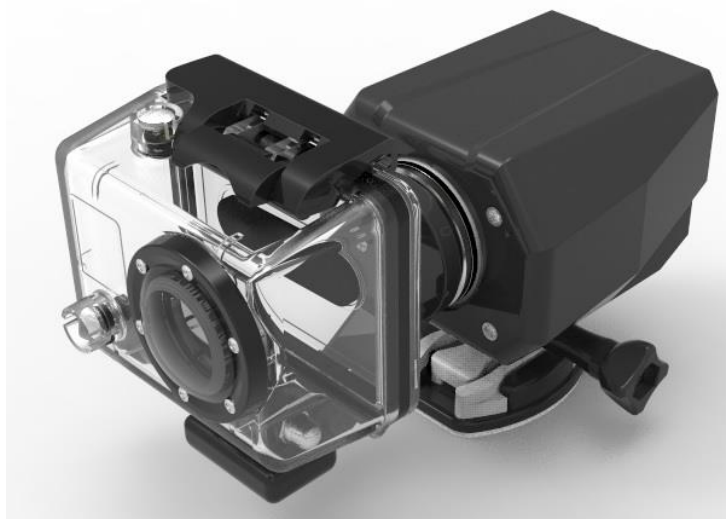


Fig.25 Render soporte giroscópico

Fuente: propia

Entre estos tres elementos se ha de cumplir con una de las características primordiales del producto, este conjunto tiene que ser estanco.

El cuerpo que contiene el sistema eléctrico de control está diseñado con dos orificios claramente marcados, uno de ellos contendrá la batería y el otro la placa base y cableado. Este cuerpo generaba varios problemas para asegurar la estanqueidad, para solucionar estos problemas se decide incluir una junta de estanqueidad entre el frontal y el cuerpo, para asegurar también la estanqueidad entre la tapa de la batería y el cuerpo se procede a incluir en la tapa una junta de material TPE (elastómero termoplástico).

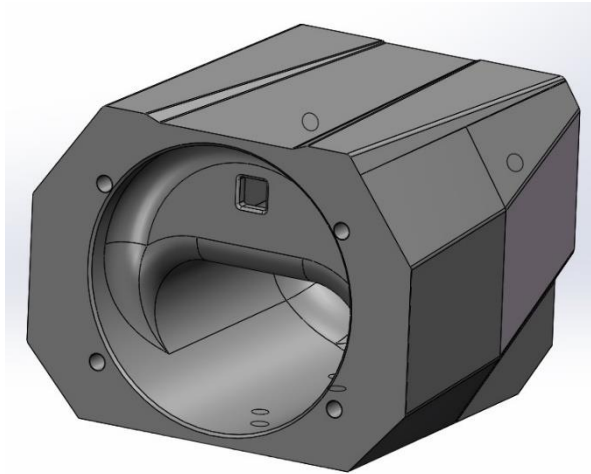


Fig.26 Cuerpo principal

Fuente: propia

La tapa frontal del cuerpo servirá de bancada para la fijación del motor e incluirá dos juntas de estanqueidad, una junta torica entre el frontal y el cuerpo y una junta entre el frontal y el motor.

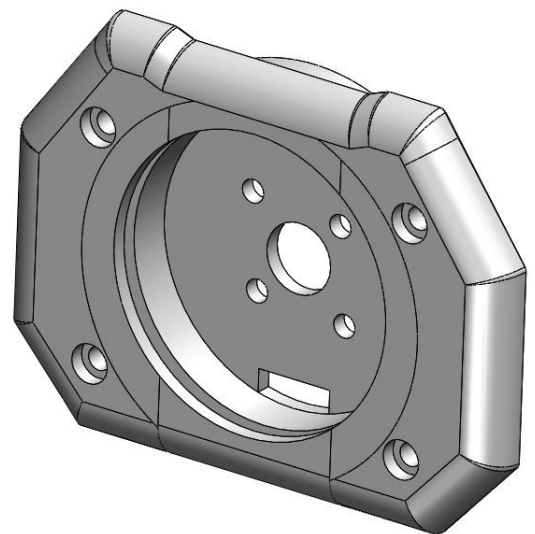


Fig.27 Frontal

Fuente: propia



Fig.28 Junta NBR

Fuente: propia

La junta entre el motor y el frontal no será un producto normalizado, será diseño propio. La forma con la que está diseñada permite el movimiento del motor y evita la posible entrada de agua.

El material utilizado para fabricar esta junta será el NBR (cacho nitrilo) que gracias a las características de este material proporcionara el efecto deseado para nuestro producto.

En la *figura 29* podemos observar la tapa de la batería la cual incluye una junta de estanqueidad, la unión con el cuerpo principal es vía tornillería Allen. El diseño ayuda a que este componente tenga un reducido peso.

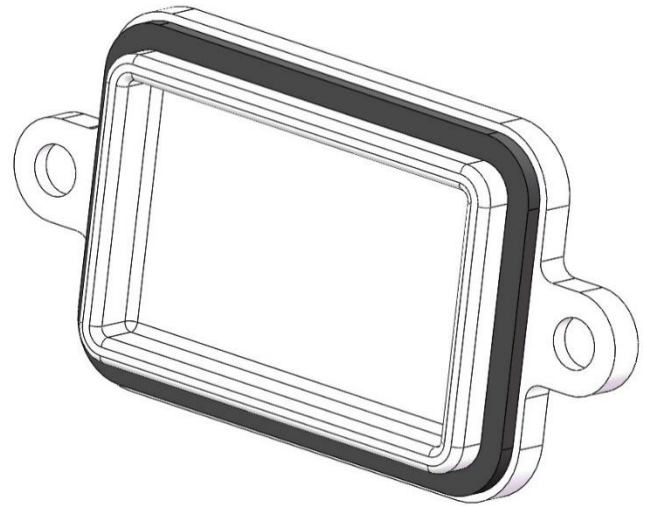


Fig.29 Tapa batería

Fuente: propia

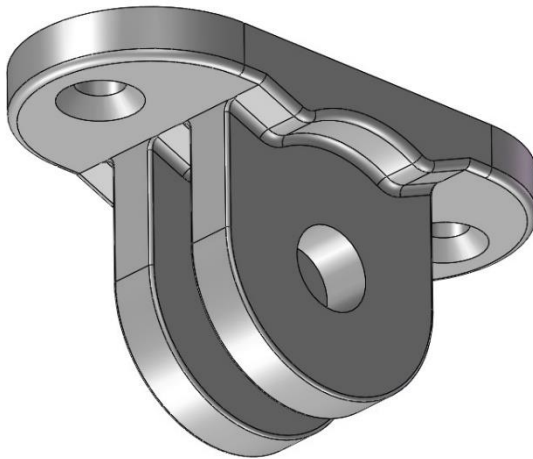


Fig.30 Conexión T

Fuente: propia

La fijación entre el soporte y la fijación de la moto se producirá con un componente diseñado en forma de T. Este tipo de sujeción es compatible con las conexiones universales para cámaras deportivas.

Como último componente tenemos el soporte que hace de fijación entre el motor sin escobillas y la cámara. El diseño de esta pieza ha sido modificado después de probar el prototipo, la primera versión de este componente tomaba como idílica el centro de masas de la cámara y en la prueba se confirmó que la cámara tenía el centro de masas desviado de su eje central. Este mal diseño generaba inestabilidad en el soporte y un mal funcionamiento de este.

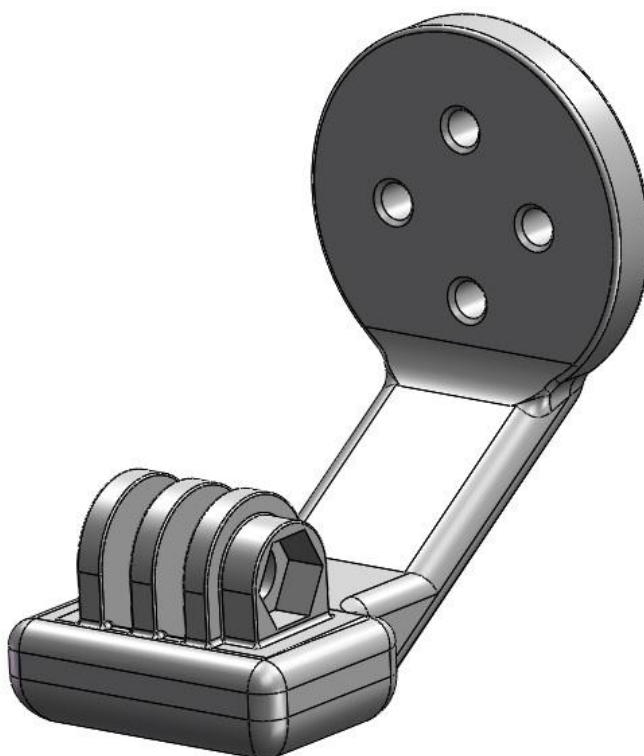


Fig.31 Soporte

Fuente: propia

6.2 Elementos normalizados

En el diseño del soporte se ha utilizado tornillería normalizada para la fijación de los diferentes componentes del soporte.

- 4 tornillos DIN 912 M3x10 mm
- 8 tornillos DIN 963 M3x8 mm
- 2 tornillos DIN 7991 M3x4 mm
- 2 tornillos DIN 7991 M3x6 mm

6.3 Materiales

Se utilizan cuatro tipos de materiales diferentes en el soporte, destacando claramente el material utilizado en la tornillería y el material seleccionado para la fabricación de los componentes que forman el soporte giroscópico.

El material seleccionado para la tornillería es el acero A2 (AISI 304), un acero inoxidable que evitara la posible corrosión del tornillo en situaciones de climas húmedos o en ocasiones de lluvia. Las características de resistencias que proporciona el acero A2 es más que suficiente para los esfuerzos requeridos en el soporte. Por esta razón se descarta seleccionar un material de calidad superior como sería el acero A4 (AISI 316).

El material seleccionado para fabricar los componentes que forman el soporte giroscópico es el Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), material que tiene unas características de dureza y rigidez óptima para este producto. Este material da la posibilidad de ser pintado, esta característica genera una posibilidad de personalización del producto.

| | |
|---|-----------|
| Alargamiento en la rotura (%) | 45 |
| Coeficiente de fricción | 0,5 |
| Módulo de tracción (GPa) | 2,1-2,4 |
| Resistencia a la tracción (MPa) | 41-45 |
| Resistencia al impacto Izod (J/m^{-1}) | 200-400 |
| Absorción de agua en 24 horas (%) | 0.3-0.7 |
| Densidad (g/cm^3) | 1,05 |
| Resistencia a la radiación | Aceptable |
| Resistencia a los ultravioletas | Baja |

Tabla 5. Características ABS

Puesto que el soporte ha de ser estanco, se utiliza dos tipos de juntas. El elastómero plástico (TPE) es el utilizado en la tapa de la batería, este material asegura la estanqueidad dentro de la cavidad de la batería.

La junta torica y la junta del motor están fabricadas en nitrilo acrílico butadieno (NBR). Estas dos juntas evitaban la entrada en el sistema eléctrico. Propiedades de los cuales se podrán encontrar en el *Anexo II. Fichas técnicas de los materiales*.

6.4 Funcionamiento

La principal función del soporte giroscópico es la de estabilizar la cámara en la posición de inicio. El procedimiento de inicio del soporte comienza con la fijación de la cámara en el soporte. Una vez fijada esta, se procederá a fijar el soporte en la posición deseada en la motocicleta, la cámara por su propio peso quedará estabilizada en una posición. Es en este punto cuando se ha de iniciar el soporte, el sistema de control tarda cuatro segundos en configurar el sensor. Para finalizar el sistema ejerce un pequeño movimiento en la cámara para confirmar que ya está en funcionamiento.

Una vez en uso, el soporte ira estabilizándose según la dirección y la inclinación de la motocicleta, gracias al uso de un motor sin escobillas el movimiento será suave y no generara vibraciones en la cámara.

En las siguientes figuras se puede observar su movimiento según la inclinación.



Fig.32 Giro a derechas

Fuente: propia



Fig.33 Giro a izquierdas

Fuente: propia

7 Cálculos

7.1 Introducción

En este apartado del proyecto, se llevará a cabo los cálculos del soporte y la comprobación mediante elementos finitos gracias al programa NX

El método de elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es muy utilizado en el ámbito de diseño, ingeniería y física. Permite una vez diseñada en 3D la pieza, hacer cálculos muy aproximados de los esfuerzos y deformaciones que va a soportar esa pieza.

La manera de proceder para realizar los cálculos son:

- Definir la geometría en 3D.
- Asignar a la pieza un material.
- Introducir las condiciones de contorno.
- Introducir las cargas a la cual va a ser sometido la pieza.
- Interpretar las soluciones que proporciona el programa.

En nuestro caso se va a realizar las simulaciones en las piezas que pueden ser susceptibles a tener que soportar mayor esfuerzo. Esto nos permitirá observar aquellas zonas que soportaran las mayores tensiones y deformaciones y de esta forma seremos capaces de saber si el producto soportará las fuerzas provocadas al fijar el soporte giroscópico.

Una vez realizada la simulación, el programa nos muestra como resultado la tensión de Von Mises (MPa) y la deformación (mm) que la pieza sufre.

La tensión de Von Mises se obtiene de la combinación de los esfuerzos principales en un punto en concreto para determinar en qué puntos ocurre el esfuerzo en el eje X, Y y Z ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$)

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

En ingeniería se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. Este método de cálculo se utiliza para medir el esfuerzo y las distribuciones de tensión.

Lo que nos interesa realmente es saber que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite elástico (MPa) del material. Por lo tanto, para saber que un material es capaz de soportar los esfuerzos la tensión de Von Mises ha de ser igual o menor que el límite elástico:

$$\sigma_{VM} \leq \sigma_{elástica}$$

Un indicador muy útil a la hora de comprar los resultados es el factor de seguridad, que como su nombre indica nos da una idea de lo que la pieza le falta por llegar a romperse o deformarse plásticamente:

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$$

El FDS se suele mostrar en tanto por ciento (%).

7.2 Características del prototipo

Se realiza el estudio de las zonas donde se fijara el soporte con la motocicleta y el soporte con la cámara, son las zonas más débiles por su naturalidad de uso. La fijación se efectúa a través de un tornillo mariposa y una tuerca ciega.

Las elecciones de las fuerzas se harán intuitivas, ya que no se dispone de los medios necesarios para saber realmente la fuerza que se aplica en ese punto y además, el tornillo puede ser apretado por diferentes personas que apliquen diferentes fuerzas.

Se estima un par de apriete del tornillo de 1N·m, que este aplicara su fuerza sobre las paredes exteriores del soporte universal para cámaras deportivas. En las siguientes imágenes se observa las tensiones y desplazamientos que soportan las paredes exteriores, siempre siendo el valor máximo el rojo y el azul el mínimo:

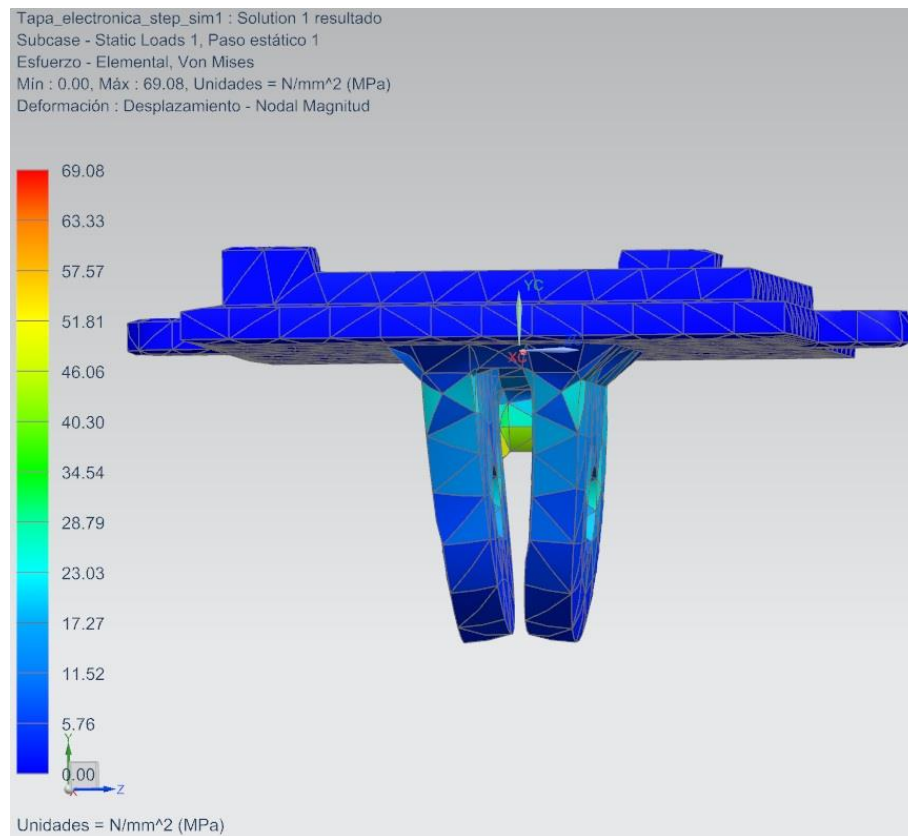


Fig.34 Tensión de VM en la tapa inferior

Fuente: propia

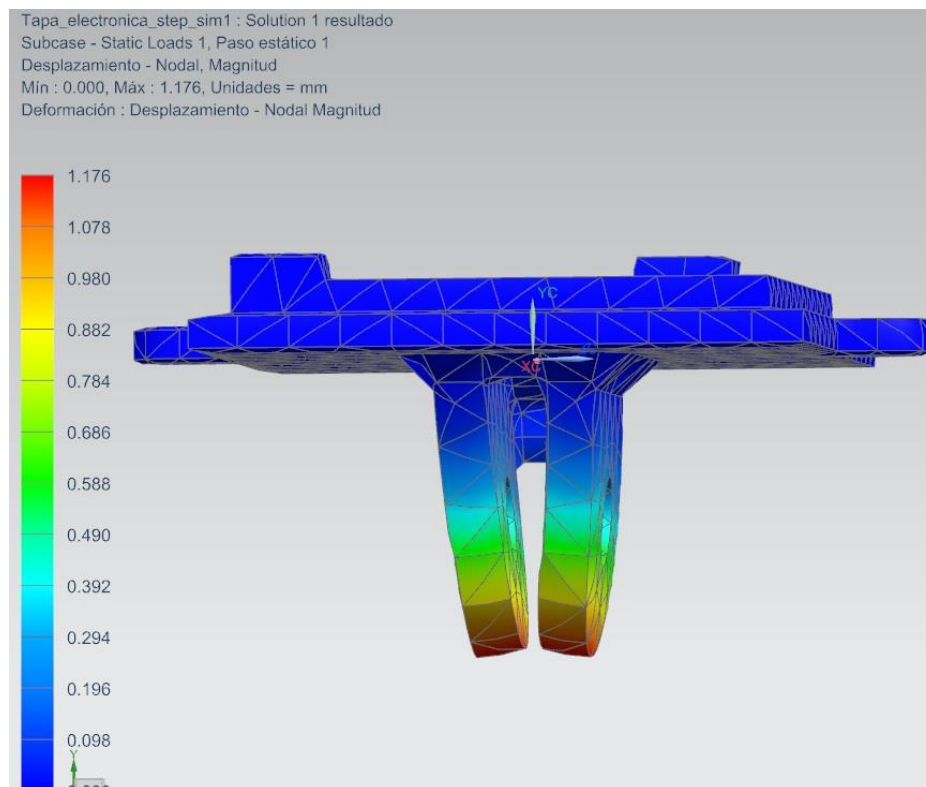


Fig.35 Desplazamiento de la tapa inferior

Fuente: propia

Como se observa en la *figura 34* la tensión máxima que sufre el soporte tiene lugar en la unión entre las dos pestañas del soporte de unión con un valor de 69,08 MPa. Mirando la tabla de las propiedades del ABS que se encuentra en el *Anexo II: Fichas técnicas de los materiales* se observa que el límite elástico es 31MPa. Con estos datos obtenemos un factor de seguridad de:

$$FDS = (31/69.08) = 0.44$$

La tensión máxima obtenida se centra en una pequeña zona situada entre las dos paredes del soporte, queda demostrado que el valor obtenido en el factor de seguridad es inferior a 1. Por esta razón esta sujeción ha de ser rediseñada en el diseño final ya que no está bien definida.

A lo que se refiere al desplazamiento que sufre el soporte observamos que las zonas más afectadas son los extremos del soporte. El desplazamiento máximo es de un valor de 1.176 mm, algo inapreciable prácticamente.

Por lo que se refiere a la unión entre la cámara y el soporte se estima la misma presión de fuerza sobre el tornillo.

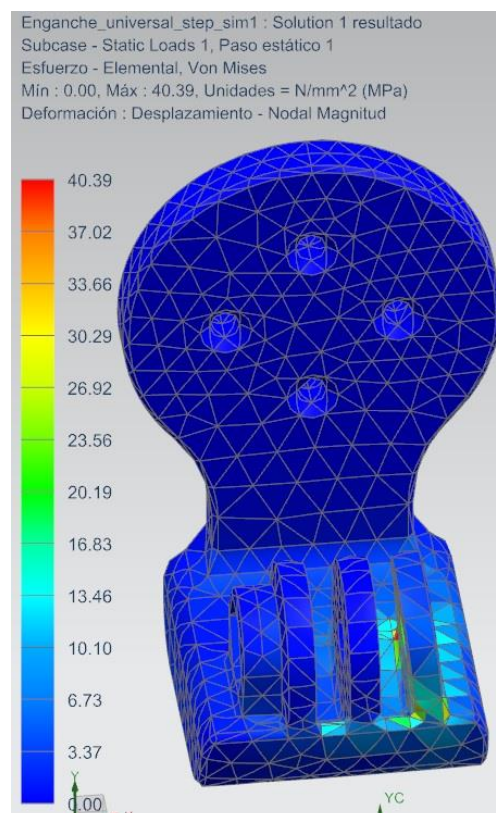


Fig.36 Tensión de VM en el soporte

Fuente: propia

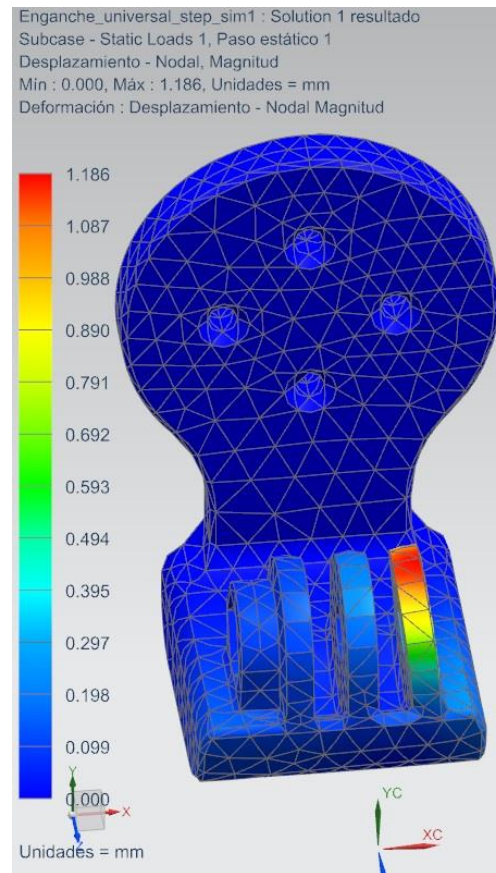


Fig.37 Desplazamiento del soporte

Fuente: propia

Se observa en la *figura 36* que la parte que más esfuerzo sufre está ubicada en la unión entre una de las pestañas con el resto del cuerpo es de 40.39 MPa.

$$FDS = (31/40.39) = 0.76$$

Esta pieza tampoco superaría el factor de seguridad, este aspecto será solucionado en el diseño final del producto.

Con lo que respecta al desplazamiento en la *figura 37* se observa un desplazamiento de 1.186 mm.

El último punto de control de este soporte será el esfuerzo que ejercerá el propio peso de la cámara deportiva, estimando como valor general de una cámara deportiva común con la caraca estanca es de 136 gramos, lo que daría un valor de fuerza de 1.36N este valor será aplicado en la zona de unión entre esta misma y el soporte.

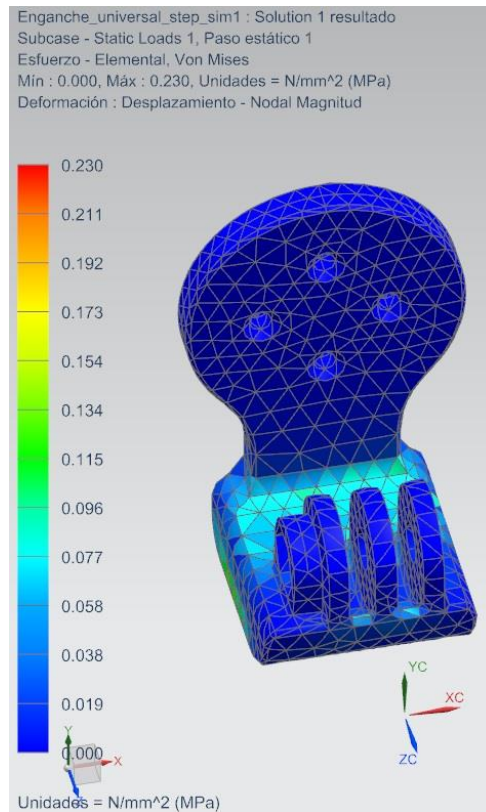


Fig.38 Tensión de VM resultado del peso

Fuente: propia

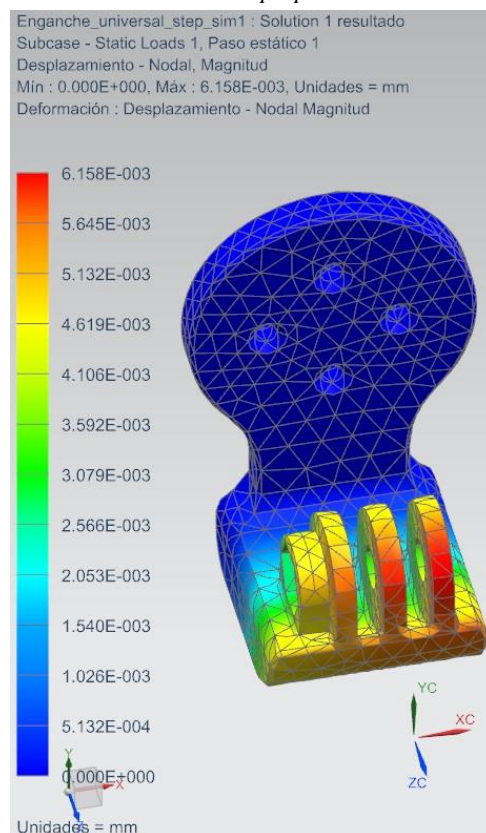


Fig.39 Desplazamiento ocasionado por el peso

Fuente: propia

Se observa en la *figura 38* y *figura 39* que el peso de la cámara ejerce un esfuerzo en el soporte de valor 0.23 MPa y un desplazamiento de 0.006 mm, podemos despreciar las fuerzas que ejerce el peso de la cámara sobre el soporte.

7.3 Características del diseño final

Una vez rediseñado las piezas para solucionar los resultados obtenidos por el prototipo se calculan las mismas situaciones simuladas en el prototipo.

Empezando con la unión entre el soporte y la motocicleta, esta unión se efectuara a través de una conexión en forma de T. A esta unión se le aplicara la misma fuerza de presión de 1N·m.

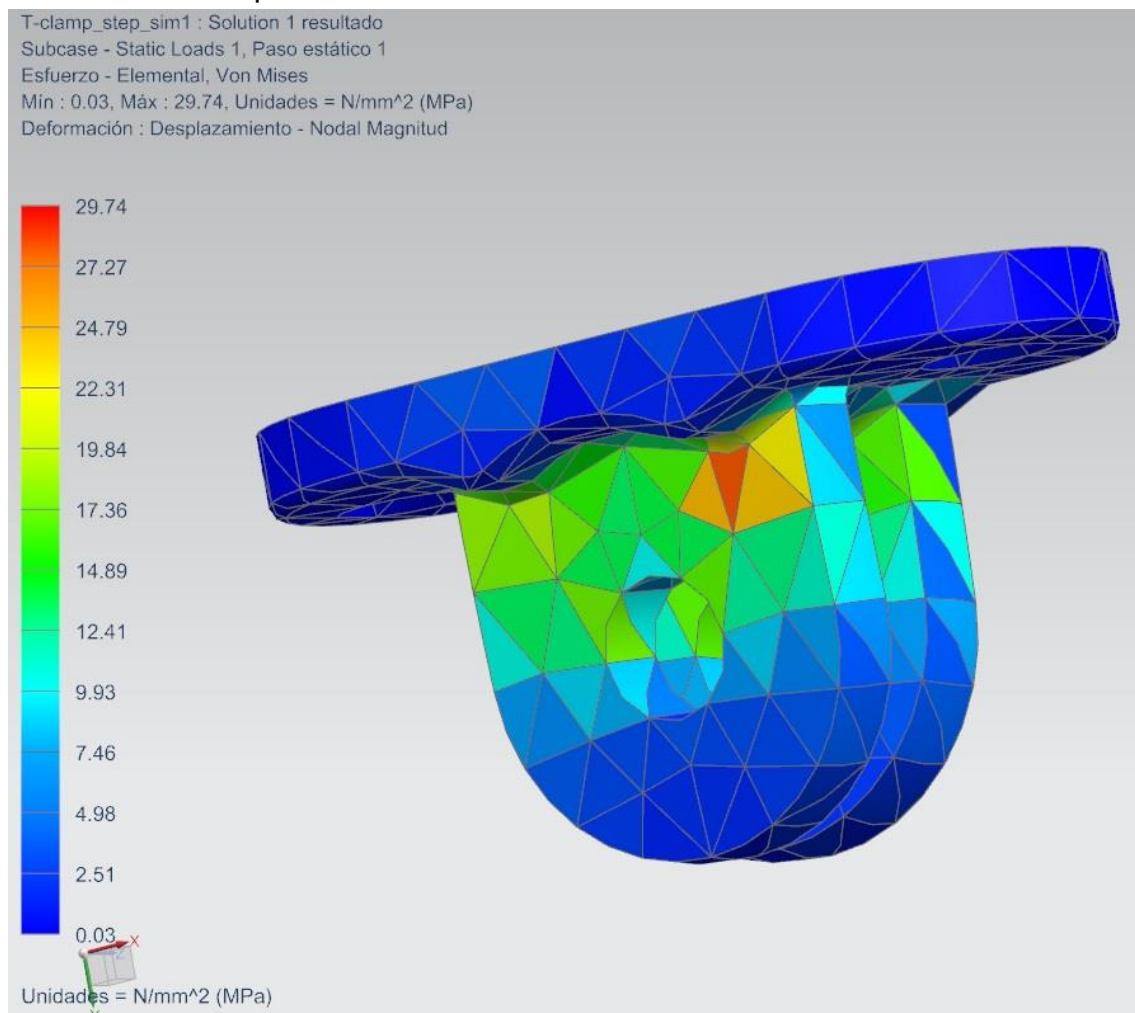


Fig.40 Tensión de VM en la union en forma de T

Fuente: propia

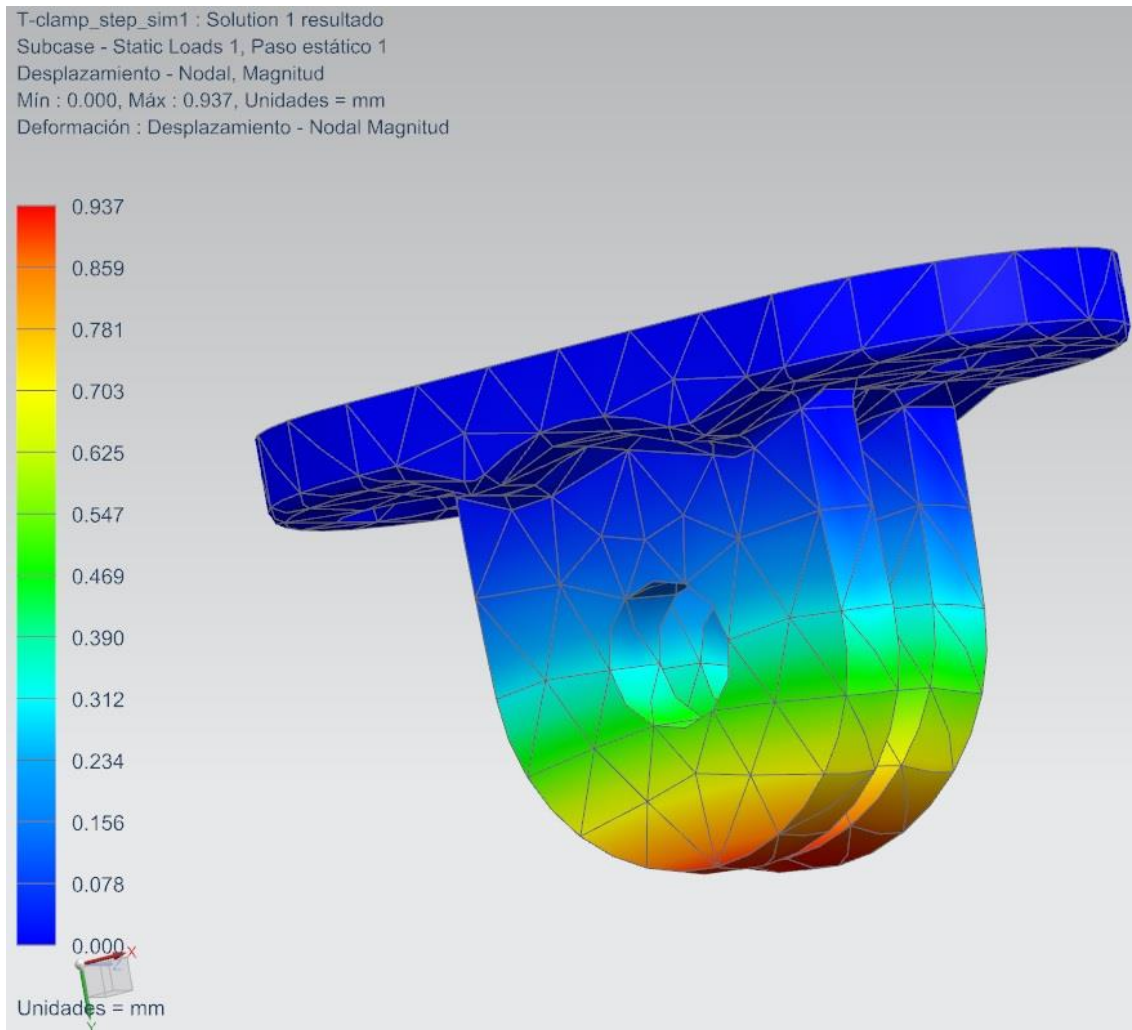


Fig.41 Desplazamiento en la union en forma de T

Fuente: propia

Se observa en la *figura 40* que el valor máximo de esfuerzo sufrido por la pieza es de 29.74 MPa.

$$FDS = (31/29.74) = 1.04$$

Podemos afirmar que el factor de seguridad es superior a 1 unidad, por esta razón la pieza aguanta el esfuerzo requerido para su uso y solucionamos el problema generado en el prototipo.

Por lo que respecta al desplazamiento se observa en la *Figura 41* la parte más afectada son los extremos de las pestañas de unión con un valor de 0.937 mm, reduciendo el valor obtenido con el prototipo y prácticamente inapreciable.

Se vuelve a aplicar la misma presión de apriete del tornillo de unión entre la cámara y el soporte rediseñado.

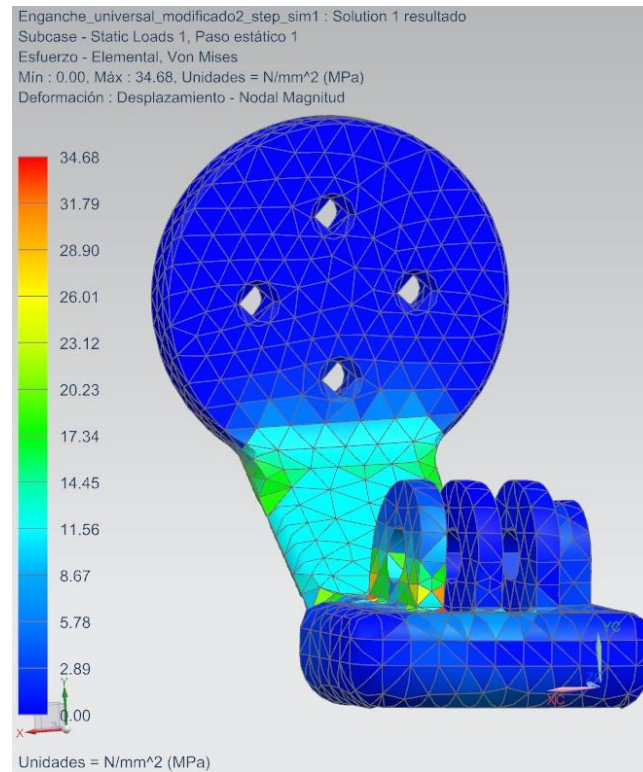


Fig.42 Tensión de VM en el soporte

Fuente: propia

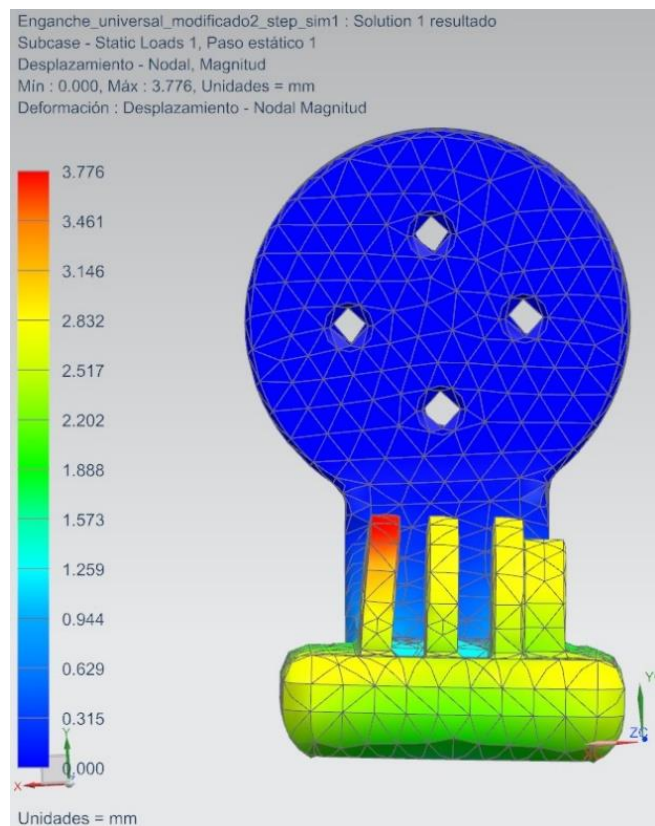


Fig.43 Desplazamiento en el soporte

Fuente: propia

Teniendo en cuenta lo observado en la *figura 42* el esfuerzo máximo que sufre el soporte tiene un valor de 34.68 MPa.

$$FDS = (31/34.68) = 0.9$$

El resultado es muy próximo al factor de seguridad mínimo de 1, esta pieza estaría en el límite de esfuerzo que podría recibir.

El desplazamiento máximo sufrido por el soporte es de 3.77 mm algo superior al obtenido en el prototipo, siendo este valor a tener en cuenta para una posible mejora del soporte.

Como último punto de control se vuelve a simular el esfuerzo que ejerce el peso de la cámara con la carcasa estanca instalada.

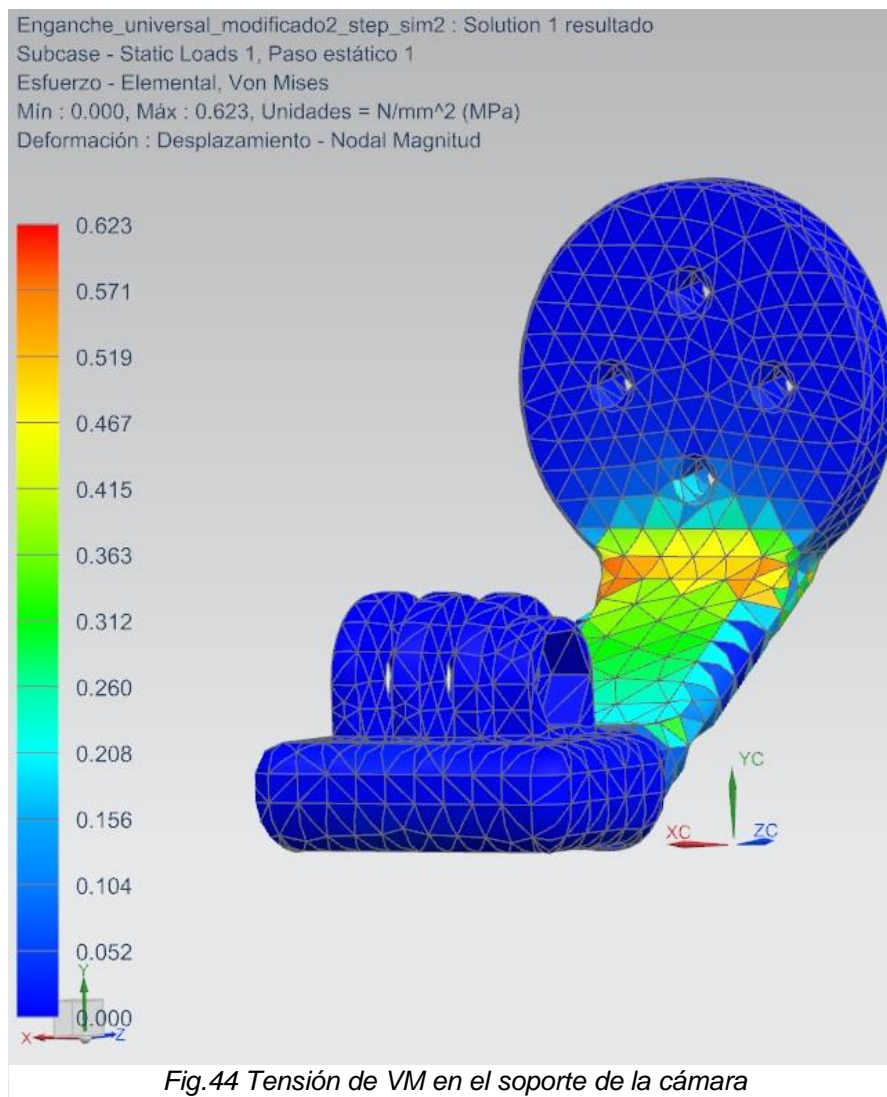


Fig.44 Tensión de VM en el soporte de la cámara

Fuente: propia

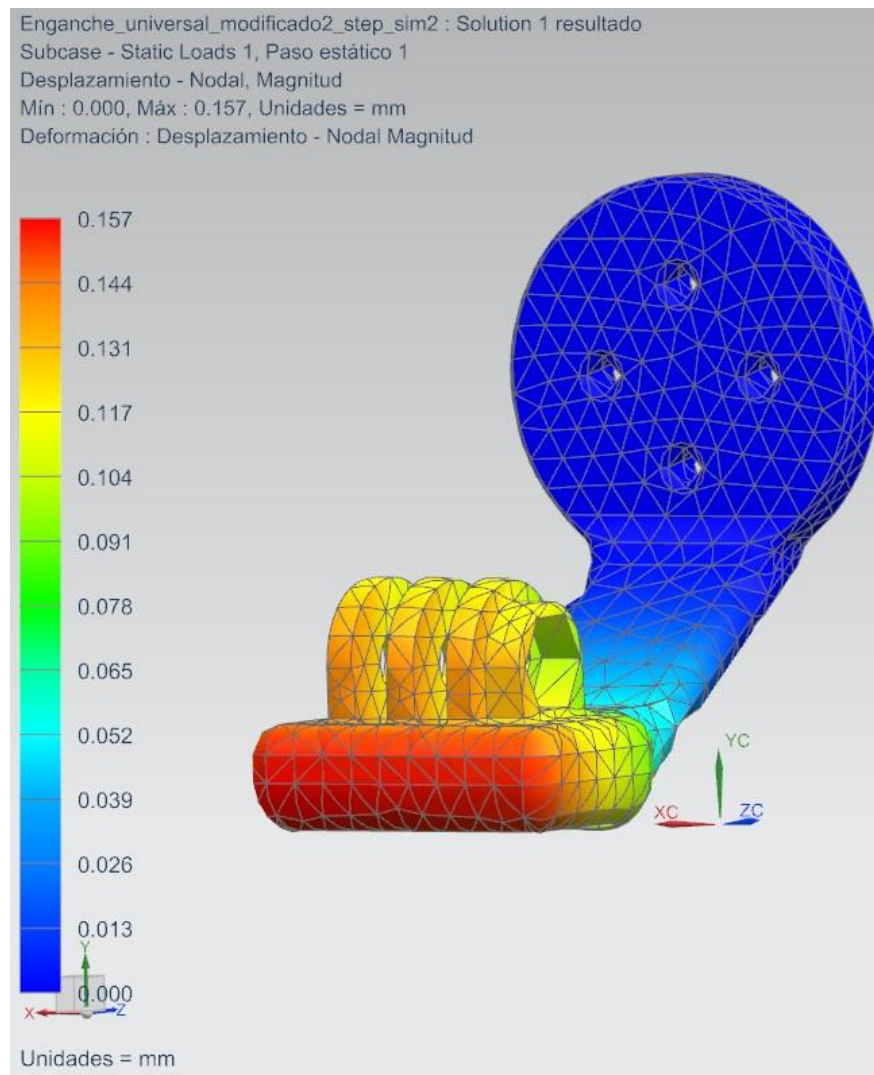


Fig.45 Desplazamiento del soporte de la cámara

Fuente: propia

Volvemos a observar en las *figuras 44* y *figura 45* que los valores máximos obtenidos del resultado del peso de la cámara no ejerce un esfuerzo importante sobre el soporte de la cámara por lo que se podría despreciar este valor.

8 Presupuesto

En los presupuestos que a continuación se van a detallar se contempla la fabricación y construcción de todas las piezas y elementos necesarios para construir el prototipo del soporte giroscópico diseñado en este proyecto, además del diseño final del soporte giroscópico. En este presupuesto se desestiman los costes de producción e inversión necesarios para fabricar este producto final, ya que de este proceso se encargaría el cliente. El cliente según sus expectativas de ventas y de rango de mercado que quiera alcanzar decidiría el tipo de inversión a efectuar. Al cliente se le proporciona la documentación necesaria de cada pieza para ser fabricada según moldeo inyección.

Se va a dividir el presupuesto en partidas quedando de la siguiente forma:

- Presupuesto de diseño y fabricación del prototipo
- Presupuesto de realización del proyecto

8.1 Presupuesto realización proyecto

En este presupuesto se determina el total de horas dedicadas a la realización del proyecto. Determinando las horas empleadas en las diferentes actividades que se han llevado a cabo durante la realización del proyecto.

| Descripción | Horas | Precio unitario | Precio total |
|----------------------------------|--------|-----------------|--------------------|
| Redacción y estudio de mercado | 100,00 | 35,00 € | 3.500,00 € |
| Diseño 3D y simulaciones MEF | 200,00 | 35,00 € | 7.000,00 € |
| Fabricación y test del prototipo | 15,00 | 35,00 € | 525,00 € |
| Visitas a proveedores | 5,00 | 35,00 € | 175,00 € |
| | | TOTAL | 11.200,00 € |

Tabla 7. Presupuesto de realización proyecto

8.2 Presupuesto fabricación prototipo

En la siguiente tabla se detalla la cantidad y precio de las piezas necesarias para la fabricación del prototipo funcional.

| Descripción | Material | Cantidad | Precio u.(€) | Total |
|------------------------|-------------|----------|--------------|--------------|
| Cuerpo principal | ABS | 1 | 15 | 15 |
| Tapa batería | ABS | 1 | 9 | 9 |
| Tapa electrónica | ABS | 1 | 10 | 10 |
| Soporte cámara | ABS | 1 | 10 | 10 |
| Motor | - | 1 | 14 | 14 |
| Junta V-ring | Plástico | 1 | 1 | 1 |
| Placa control + sensor | Electrónica | 1 | 12 | 12 |
| Pila 9V | - | 1 | 2 | 2 |
| Interruptor on/off | Plástico | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Conexión clip | - | 1 | 0,25 | 0,25 |
| Tornillo DIN 7991 | Acero | 4 | 0.1 | 0,4 |
| Tornillo DIN 963 | Acero | 8 | 0.1 | 0,8 |
| TOTAL | | | | 75.6€ |

Tabla 8. Presupuesto de fabricación prototipo

En este presupuesto no se incluyen las horas de montaje y configuración del prototipo, ya que estas horas quedan incluidas en el presupuesto de realización del proyecto.

9 Pliego de condiciones

Se determina para la realización de este proyecto el cumplimiento de un seguido de normas dadas las características de estanqueidad y de la inclusión de componentes electrónicos.

Al tratarse de un aparato eléctrico de uso doméstico se ha de cumplir la normativa UNE-EN 50564:2012, la cual determina la medición del consumo de baja potencia.

Por lo que se debe a la estanqueidad del interruptor se ha de cumplir la normativa IP67, esta normativa especifica las siguientes características:

- Protección completa contra contacto, protección contra penetración de polvo.
- Protegido contra la penetración de agua sumergiéndola.

10 Conclusiones finales

Una vez finalizado el proyecto se determinan unas conclusiones de la realización de este, así como unas opiniones personales y un conjunto de posibles mejoras del soporte giroscópico para cámara deportiva.

10.1 Conclusiones del proyecto

Se diseña un soporte giroscópico para cámara deportiva cumpliendo con los requisitos marcados al inicio de este proyecto.

- Se mejoran los soportes existentes en el mercado, generando valor añadido gracias a la inclusión de la resistencia al agua y la compatibilidad con la mayoría de cámaras deportivas.
- Se demuestra mediante las pruebas realizadas del prototipo, que el soporte funciona correctamente y que la configuración del sistema electrónico de control es óptimo.
- Mediante cálculos y simulaciones se observa que el diseño soportara las fuerzas a las que será sometido.

10.2 Conclusiones personales

En lo referido a las conclusiones personales me gustaría destacar, las experiencias vividas durante la realización de este proyecto.

- La selección del proyecto y el camino a seguir es uno de los momentos más complicados.
- La experiencia obtenida durante las prácticas realizadas en el departamento de diseño de grifería en la empresa Roca Sanitario S.L. me genero un interés en diseñar y fabricar un prototipo utilizando el método de impresión 3D.
- Uno de los puntos a destacar es la decepción de no poder diseñar el programa de control por el corto tiempo de realización de este proyecto.
- Durante el proceso de diseño con la herramienta SolidWorks, encuentro ciertos problemas a la hora de diseñar con superficies, esta situación me genera un interés en ampliar mis conocimientos de diseño en 3D una vez finalizado el grado en ingeniería mecánica.

10.3 Posibles mejoras

Analizando los resultados obtenidos en este proyecto se determinan puntos a mejorar del diseño del soporte giroscópico.

- Reducir el tamaño del cuerpo para una mejor fijación y adaptación con las diferentes motocicletas.
- Diseñar un programa de control propio para optimizar las funciones del soporte giroscópico.
- Mejorar el diseño exterior reduciendo las angulaciones generadas en este proyecto.
- Optimizar el uso de baterías de más duración, ya que las utilizadas en este proyecto tiene un tiempo de duración limitado.

11 Bibliografía

- **Antecedentes:**

- [1] <http://freeflysystems.com> Fecha de última consulta: 22 de marzo de 2016.
- [2] <http://www.dji.com> Fecha de última consulta: 22 de marzo de 2016.
- [3] <http://www.feiyu-tech.com> Fecha de última consulta: 22 de marzo de 2016.
- [4] <http://www.zhiyun-tech.com> Fecha de última consulta: 22 de marzo de 2016.
- [5] <http://www.oneperfectshotdb.com> Fecha de última consulta: 23 de marzo de 2016.
- [6] <http://www.dji.com> Fecha de última consulta: 23 de marzo de 2016

- **Estudio de mercado:**

Páginas web consultadas:

- [1] <http://www.microgimbal.es> Fecha de última consulta: 10 de abril de 2016.
- [2] <http://www.motogyrovision.com> Fecha de última consulta: 10 de abril de 2016.
- [3] <http://www.wenpod.com> Fecha de última consulta: 7 de mayo de 2016.
- [4] <http://www.feiyu-tech.com> Fecha de última consulta: 7 de mayo de 2016.

- **Material:**

Páginas web consultadas:

- [1] <http://www.quiminet.com> Fecha de última consulta: 15 de mayo de 2016.
- [2] <http://www.ERICA.es> Fecha de última consulta: 26 de mayo de 2016.
- [3] <http://tornillosgumar.com> Fecha de última consulta: 28 de mayo de 2016.
- [4] <http://www.resinex.es> Fecha de última consulta: 14 de mayo de 2016.

- ***Diseño 3D y simulaciones por MEF:***

- [1] Manual de SolidWorks 2015.
- [2] Manual de Siemens NX 9.0.
- [3] Manual KeyShot 6.

Páginas web consultas:

- [4] <http://www.tracepartsonline.net>. Fecha de última consulta: 1 de julio de 2016.
- [5] <http://www.grabcad.com> Fecha de última consulta: 1de julio de 2016.

- ***Fabricación prototipo.***

- [1] SimpleBGC software Manual.

Páginas web consultadas:

- [2] <http://www.timiprint.com>. Fecha de última consulta: 20 de mayo de 2016.
- [3] <http://www.diotronic.com>. Fecha de última consulta: 10 de julio de 2016.
- [4] <http://www.ondaradio.es>. Fecha de última consulta: 10 de julio de 2016.
- [5] <http://www.ermec.com> Fecha de última consulta: 10 de julio de 2016.
- [6] <https://www.basecamelectronics.com> Fecha de última consulta: 20 de mayo de 2016.